云 南 植 物 研 究 2003，25（2）：199 ~ 204
Acta Botanica Yunnanica

金沙江干热河谷（元谋段）的丛枝菌根*

赵之伟，任立成，李 涛，李建平
（生物资源保护与利用国家重点实验室培育基地，云南大学，云南 昆明 650091）

摘要：用碱解离、酸性品红染色法对金沙江干热河谷（元谋段）中生长的 60 种植物的丛枝菌根状况进行了调查。结果发现被调查植物中 70% 的植物形成丛枝菌根，干热河谷自然植物群落中的建群种大多具有丛枝菌根，一些莎草科、蓼科的植物也形成典型的丛枝菌根。丛枝菌根是干热河谷生态系统中的重要组成成分，在干热河谷的植被恢复中，必须同时考虑对地下植物共生真菌进行恢复。

关键词：金沙江；干热河谷；丛枝菌根
中图分类号：Q 949.32 **文献标识码**：A **文章编号**：0253 - 2700(2003)02 - 0199 - 06

Arbuscular Mycorrhizas in the Dry-Hot Valley of Jinsha River

ZHAO Zhi-Wei，REN Li-Cheng，LI Tao，LI Jian-Pin
(*Key Laboratory of Conservation and Utilization for Bioresources*，*Yunnan University*，Kunming 650091，China)

Abstract：The arbuscular mycorrhizal status of 60 plant species growing in the dry-hot valley of Jinsha River was surveyed by means of acid fuchsin stain after the roots were lysised in alkaline solution. It was found that 70% of the species were arbuscularly mycorrhized. Most of the constructive species of the natural plant community and some species in Cyperaceae and Polygonaceae have arbuscular mycorrhizas. Arbuscular mycorrhiza is an important component in the dry-hot valley ecosystem. Thus it is essential to restore the vegetation of the dry-hot valley.

Key words：Jinsha River；Dry-hot valley；Arbuscular mycorrhiza

金沙江地处长江上游，金沙江干热河谷主要分布在云南、四川两省，该地区由于热量充足、人口密度大、开发时间早、生态环境退化，水土流失较为严重，已对长江流域生态系统构成严重威胁。云南元谋县干热河谷森林覆盖率仅有 5.2%，水土流失面积高达 1504 km^2，占全县总面积的 74%，年土壤侵蚀量高达 568 万吨，成为云南省内土壤流失最严重的地区（金振洲和欧晓昆，2000），这一地区的生态系统的保护与修复已迫在眉睫。

干热河谷是地理位置、地貌地势、气候条件和人为干扰等因素作用下形成的特殊生态系统，这一特殊生态系统的突出特点就是热量充足、年蒸发量大于降雨量。在这一特殊生

* 基金项目：云南省自然科学基金重点项目（2001C 0001Z）
收稿日期：2002 - 07 - 05，2002 - 08 - 07 接受发表
作者简介：赵之伟（1962 - ）男，教授，博士研究生导师，主要从事菌根生物学研究。
E - mail：zhaozhw@ynu. edu. cn

态环境中，分布着一类珍稀、濒危被称为河谷型萨王纳（Savanna of valley type）的特殊植被。对这类植被的区系组成、历史成因及演变等，生态学家已进行了大量研究（金振洲和欧晓昆，2000），但在这种特殊生态条件下，真菌在这类植物根上的定居情况，即植物的菌根状况却不清楚。

丛枝菌根（arbuscular mycorrhiza，AM）是植物与真菌形成的共生体，它能改善植物的营养，增强植物对矿质元素、水分的吸收，从而提高植物的抗性，促进植物生长。国外在上世纪 90 年代，已有人对西非的萨王纳群落中植物的丛枝菌根状况以及利用丛枝菌根技术恢复受破坏的萨王纳植被进行了基础研究和应用示范（Read，1994；Cuenea & Lovera，1992）；国内尚未有相关的研究报道。本文报道金沙江干热河谷云南元谋段植物的丛枝菌根状况。

1 材料和方法

2001 年 12 月于元谋县龙江段选取 60 种自然生长的植物，直接采取 5 ~ 30 cm 土层的根样，取样时注意确保所取根样与所选植物的主根相连，并尽量采取带根尖的根段，鲜根样剪成 2 ~ 5 cm 的小段装入青霉素小瓶，于 1/2FAA（福尔马林 5 ml，冰醋酸 5 ml，70%酒精 90 ml，用时稀释 1 倍）固定液中固定，带回实验室中于 4℃冰箱中保存，在 2 个月内处理完。

从青霉素小瓶中取出根样，用碱解离、酸性品红染色法进行制片处理（Berch & Kendrick，1982）。处理好的标本片于 PLYMPUS. BX51 型光学显微镜下观察记录丛枝菌根真菌在每种植物根样上的定居情况，并记录各种植物根受菌丝感染的程度，若 75%以上的根段受菌丝感染，则认为植物的根受菌丝深度感染，25% ~ 75%为中度感染，25%以下为轻度感染；每种植物观察 50 个以上 0.5 ~ 1.0 cm 长的小根段，只要有一个小根段的皮层细胞内发现有丛枝（arbuscule）或泡囊（vesicle），则认为这种植物的根具有 AM，记为“ + ”；若只观察到菌丝而无上述两种结构，则认为这种植物可能是具有 AM 的，记为“ ± ”；若既无菌丝，也无丛枝或泡囊，则认为是无 AM 的，记为“ − ”。

2 结果与讨论

根样通过处理后，在光学显微镜下，植物的根细胞染不上色，而丛枝菌根真菌的菌丝、菌丝圈、泡囊和丛枝均被染成红色；菌丝、泡囊可存在于细胞中，也可存在于细胞间隙；丛枝则只存在于细胞中；感染到根组织中的不同菌丝，其直径变化较大，即使是同一条菌丝，其直径也常有变化；少数植物还能在根皮层细胞中形成孢子（图版Ⅰ）。

在被调查的 60 种植物中，49 种植物的根部受菌丝感染，占 82%，11 种无菌丝感染，占 18%；49 种受菌丝感染的植物中，在根系上形成泡囊或丛枝，即形成 AM 者 42 种，占所有调查物种的 70%，不能确定者 7 种，占 12%。在 49 种受菌丝感染的植物中，22 种轻度感染，占 45%，17 种中度感染，占 35%，10 种深度感染，占 20%；此外，还有 33 种植物的根组织中形成菌丝圈（表 1）。

调查统计发现，金沙江干热河谷元谋段绝大多数植物具有 AM（70%），这与 AM 能增强植物对水分的吸收、提高植物的抗旱性是相一致的，随着调查植物样本的增加，AM 植物所占的比例可能还会增加，因为一部分“可能”具有 AM 的植物（± 型），当调查样本扩大后就可能发现其具有丛枝或泡囊，这样，这类植物就应归到具有 AM 的植物类群中，同样，随着调查的深入，可能具有 AM 的植物所占的比例也可能增加。干热河谷中 70%的

表 1　金沙江干热河谷（元谋段）丛枝菌根植物及其受感染状况

Table 1　Arbuscular mycorrhizal plants and their colonized status in Jinsha dry-hot valley

植物中文名 (Chinese names)	学名 (Scientific names)	菌丝 (hyphae)	菌丝圈 (hyphal coils)	泡囊 (vesicle)	丛枝 (arbuscule)	AMS
金合欢	*Acacia farnesiana*	+	−	−	−	±
大叶铁苋菜	*Acalypha acmophylla*	+	−	−	+	+
马利筋	*Aganosma yunnanensis*	++	+	+	+	+
练荚豆	*Alysicarpus vaginalis*	+++	+	+	+	+
刺苋	*Amaranthus spinosus*	+	−	−	−	±
穿心莲	*Andrographis laxiflora*	+++	+	+	+	+
苞蒿	*Artemisia lactiflora*	+++	+	+	+	+
假杜鹃	*Barleria cristata*	+	+	−	+	+
羊蹄甲	*Bauhinia faberi*	+	+	+	−	+
木棉	*Bombax ceiba*	+	−	−	−	±
孔颖草	*Bothriochloa pertusae*	++	+	+	+	+
苦蒿	*Conyza blani*	+++	+	+	+	+
革命菜	*Crassocephalum crepidioides*	+++	+	+	+	+
钩古藤	*Cryptolepis buchananii*	+	−	+	−	+
芸香草	*Cymbopogon distans*	+	−	−	+	+
曼陀罗	*Datura stramonium*	+	−	−	−	±
假木豆	*Dendrolobium triangulare*	+	−	+	−	+
小叶山蚂蝗	*Desmodium microphyllum*	+	−	+	+	+
坡柳	*Dodonaea angustifolia*	++	+	+	+	+
圆穗香薷	*Elsholtzia cypriani*	+++	−	+	+	+
羊胡须	*Eriophorum comosum*	++	−	+	−	+
飞扬草	*Euphorbia hirta*	++	+	+	+	+
地石榴	*Ficus ti-kou*	++	+	+	+	+
大叶千斤拨	*Flemingia macrophylla*	+++	+	+	−	+
扭黄茅	*Heteropogon contortus*	++	−	+	−	+
两头毛	*Incarvillea arguta*	++	+	+	−	+
小桐子	*Jatropha curcas*	+	−	+	−	+
翅茎草	*Laggera alata*	+	−	−	−	±
臭灵丹	*Laggera pterodonta*	+	−	+	−	+
铁扫帚	*Lespedeza jucea*	++	+	+	+	+
博落回	*Macleaya cordata*	+	−	+	−	+
荆芥	*Nepeta cataria*	+	+	+	+	+
仙人掌	*Opuntia monacantha*	+	−	−	−	±
华西小石积	*Osteomeles schwerinae*	+	−	+	−	+
银胶菊	*Parthenium hysterophorus*	+++	+	+	+	+
旱蕨	*Pellaea nitidula*	++	−	+	+	+
余甘子	*Phyllanthus emblica*	+	+	+	+	+
抽葶野荞麦	*Polygonum statice*	++	+	+	−	+
蓖麻	*Ricinus communis*	++	+	+	+	+
戟叶酸模	*Rumex hastatus*	+	−	+	−	+
雀梅藤	*Sageretia thea*	+	−	+	+	+
九死还魂草	*Selaginella pulvinata*	++	+	+	+	+
黄花稔	*Sida acuta*	++	+	+	+	+
豨莶	*Siegesbeckia orientalis*	+++	+	+	+	+
野烟叶	*Solanum verbascifolium*	++	+	+	+	+
灰叶	*Tephrosia purpurea*	+	−	−	−	±
黄背草	*Themeda triandra*	++	+	+	+	+
牡荆	*Vitex negundo*	+++	+	+	+	+
荛花	*Wikstroemia canescens*	++	+	+	+	+
小计	49 种	22 +，17 ++，10 +++	27 +，22 −	39 +，10 −	28 +，21 −	42 +，7 ±

注：表中菌丝一列中，“ + ”表示轻度感染，“ + + ”表示中度感染，“ + + + ”表示深度感染；其它列中的“ + ”表示有，“ − ”表示无，“ ± ”表示不确定。

Notes: In the hyphae column of the table, “ + ”, “ + + ” and “ + + + ” were the representatives that the roots were light, middle and intensive colonized by hyphae, respectively. “ + ”, “ − ” and “ ± ” means with, without the items and undefined in the relative columns of the table.

植物具有AM，这一结果与热带雨林植物中植物的丛枝菌状况相接近，Onguene & Kuyper（2001）报道喀麦隆南部雨林中74%的植物具AM；云南西双版纳不同类型的热带雨林中56%（Zhao等，2001）至67%（赵之伟等，2001）的植物具有AM。

本调查中还发现，一些被认为不能或不易形成AM的植物，在干热河谷中生长时也发现具有AM，如莎草科植物中的羊胡须（*Eriophorum comosum*），蓼科植物中的抽葶野荞麦（*Polygonum statice*）、戟叶酸模（*Rumex hastatus*）等都形成了典型的AM（表1，图版Ⅰ），这一点与西双版纳湿热地区的研究报道相似（杨玲等，2002）。值得注意的是，干热河谷植物群落中的一些建群种（常见种），如爵床科中的假杜鹃（*Barleria cristata*），大戟科中的飞扬草（*Euphorbia hirta*）、小桐子（*Jatropha curcas*）、余甘子（*Phyllanthus emblica*），禾本科中的孔颖草（*Bothriochloa pertusae*）、扭黄茅（*Heteropogon contortus*），无患子科的坡柳（*Dodonaea angustifolia*）等植物形成了典型的AM（表1）。因此，当用土著植物或引入植物对干热河谷退化生态系统进行植被恢复重建时，土壤中是否存在与之相应的丛枝菌根真菌（arbuscular mycorrhizal fungi，AMF）就显得尤为重要。Gemma等（2002）的实验研究发现夏威夷的一些土著植物和濒危植物都是生态菌根依赖（ecological mycorrhizal dependency）植物，当用这类植物进行植被恢复或对濒危植物进行易地保护时，育苗移栽前给植物幼苗接种AMF是必须的。Requena等（2001）在对西班牙南部地中海地区退化植被的恢复中，采用土著豆科植物 *Anthyllis cytisoides* 接种外来AMF和本地AMF的幼苗后进行实地移栽，分别在1、3、5年后测定植物的地径、植株高度、根际土壤中的有机质含量等，发现接种本地AMF效果最好。因此，在对金沙江干热河谷植被的恢复过程中，地下生物系统，尤其是与植物密切相关的AMF的恢复也就显得与地上部分的恢复同样重要。

致谢 本研究在植物根样的采集中得到了云南大学生态学与地植物学研究所陆树刚教授、中国科学院西双版纳热带植物园夏永梅副研究员、云南大学生物学系沙涛老师以及王国华、杨玲和梁昌聪3位同学的帮助；植物标本由陆树刚教授、夏永梅副研究员帮助鉴定；本室蔡磊先生帮助摄影和图版编排。

〔参 考 文 献〕

金振洲，欧晓昆著，2000. 元江、怒江、金沙江、澜沧江干热河谷植被［M］. 昆明：云南大学出版社，8—13；149—179

Yang L（杨玲），Wang GH（王国华），Ren LC（任立成），*et al*，2002. Arbuscular mycorrhizae of the family Amaranthaceae［J］. *Acta Bot Yunnan*（云南植物研究），**24**（1）：37—40

Zhao ZW（赵之伟），Li XW（李习武），Wang GH（王国华），*et al*，2001. AM fungi in the tropical rain forest of Xishuangbanna［J］. *Mycosystema*（菌物系统），**20**（3）：316—323

Berch SM，Kendrick B，1982. Vesicular-arbuscular mycorrhizae of southern Ontario ferns and fern-allies［J］. *Mycologia*，**74**：769—776

Cuenea G，Lovera M，1992. Vesicular-arbuscular mycorrhizae in disturbed and revegetated sites from La Gran Sabana，Venzuela［J］. *Can J Bot*，**70**（1）：73—79

Gemma JN，Koske RE，Habte M，2002. Mycorrhizal dependency of some endemic and endangered Hawaiian plant species［J］. *Amer J Bot*，**89**（2）：337—345

Onguene NA，Kuyper TW，2001. Mycorrhizal associations in the rain forest of south Cameroon［J］. *Forest Ecology and Management*，

140：277—287

Read DJ，1994. Plant-microbe mutualisms and community structure. In：Ernst-Deltef Schulza，Mooney H A eds. Biodiversity and Ecosystem Function［M］. New York：Springer-Verlag Press，181—209

Requena N，Perez-Solis E，Azcon-Aguilar C，*et al*，2001. Management of indigenous plant-microbe symbioses aids restoration of desertified ecosystems［J］. *Appl Environ Microbiol*，**67**（2）：495—498

Zhao ZW，Xia YM，Qin XZ，*et al*，2001. Arbuscular mycorrhizal status of plants and the spore density of arbuscular mycorrhizal fungi in the tropical rain forest of Xishuangbanna，southwest China［J］. *Mycorrhiza*，**11**：159—162

图版Ⅰ说明

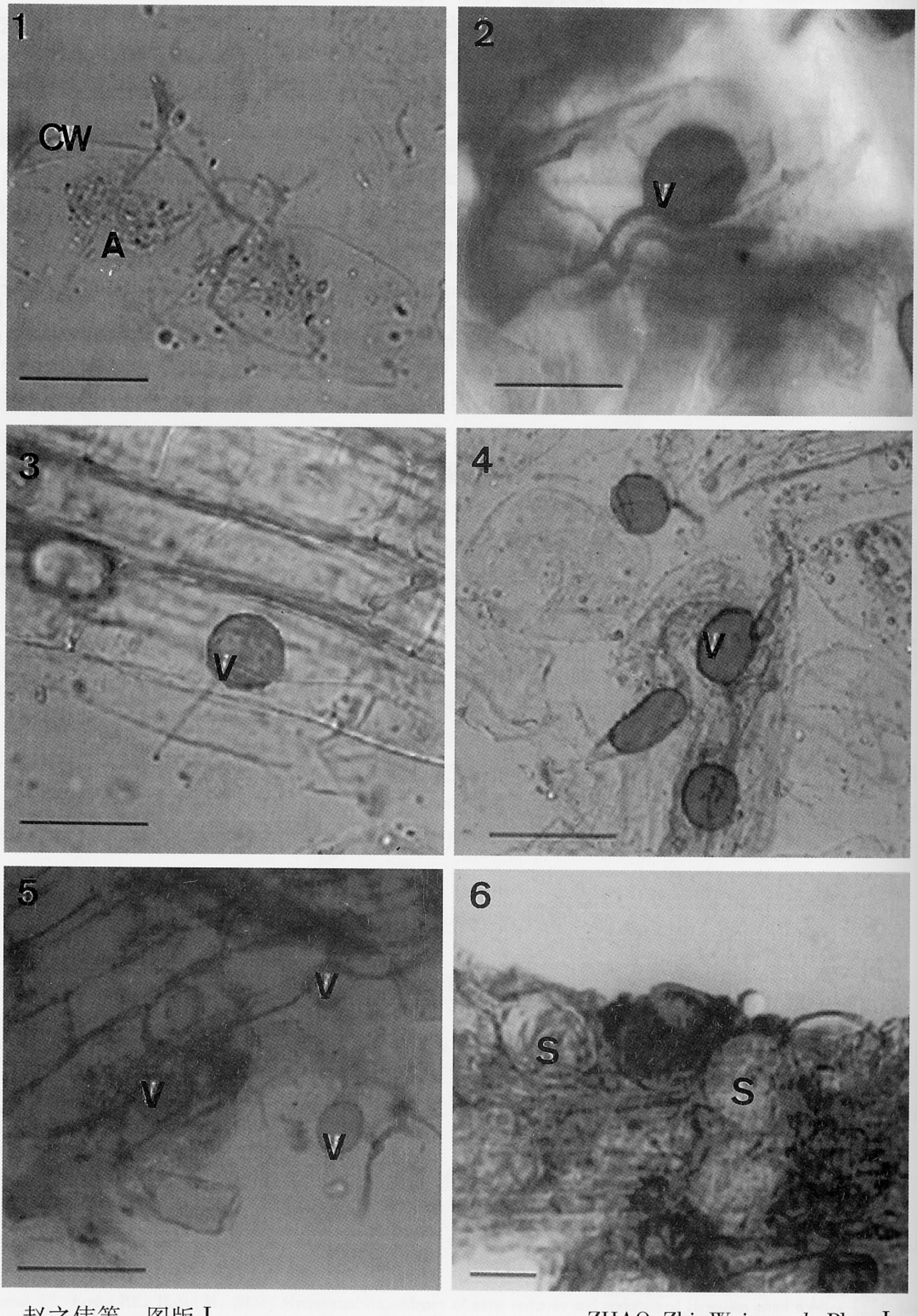
1. **蓖麻根细胞中形成的丛枝**（A），CW **为根细胞的细胞壁**；2. **抽葶野荞麦根细胞中形成的泡囊**（V）；3. **臭灵丹根组织中形成的泡囊**（V）；4. 豨**莶根组织中的泡囊**（V）；5. **羊胡须根组织中形成的泡囊**（V）；6. **翅茎草根组织中形成的孢子**（S）；

1 – 6 **中的** bar = 50 μm

Explanation of Plate Ⅰ

1. Arbuscules（A）in the root cells of *Ricinus communis*. CW is the cell wall of the root cell；2. Vesicle（V）in the root cell of *Polygonum statice*；3. Vesicles（V）in the root cells of *Laggera pterodonta*；4. Vesicles（V）in the root cells of *Siegesbeckia orientalis*；5. Vesicles（V）in the root tissue of *Eriophorum comosum*；6. Spores（S）in the root tissue of *Laggera alata*.

bar = 50 μm in figures 1 – 6.



赵之伟等：图版 I

ZHAO Zhi-Wei *et al*: Plate I